

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Сумський державний університет

### Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

### Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2024 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної програми

«Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення барабану  
PH12.109.120.03

Здобувача групи

TM-01-2

Житник Владислав Вікторович

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Владислав ЖИТНИК

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

Старший викладач кафедри ТМВІ Віталій

КОЛЕСНИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, к.т.н., доцент, Артем СВТУХОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет TeSET  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітньо-науковий перший (бакалаврський)  
рівень (назва)  
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва)  
Освітня програма «Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми, за наявності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

Віталій ІВАНОВ

«   »     2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) ЗДОБУВАЧА**

Житник Владислав Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення  
барабану PH12.109.120.03

керівник проєкту Колесник Віталій Олександрович, старший викладач кафедри ТМВІ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 29.04.2024 року № 0454-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 10.06.2024 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «барабану PH12.109.120.03».

3.2 Базовий технологічний процес виготовлення барабану PH12.109.120.03

3.3 Річний обсяг випуску деталей – 200 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

4.8 Інженерне дослідження

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою для установлення заготовки

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі

«барабану РН12.109.120.03»

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «06» травня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.05.2024	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	20.05.2024	
3	Оформлення пояснювальної записки	25.05.2024	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	30.05.2024	
5	Оформлення креслень та презентації	10.06.2024	

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Владислав ЖИТНИК**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Віталій КОЛЕСНИК**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

Завідувачу кафедри

Віталію ІВАНОВУ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

здобувача (ки) групи ТМ-01-2

(шифр групи)

Владислав ЖИТНИК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**ЗАЯВА**

Прошу затвердити мені тему кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(бакалавр/магістр)

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» :

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

Проектування технологічного процесу виготовлення барабану РН12.109.120.03

(назва теми)

(дата та підпис здобувача)

ПОГОДЖЕНО:

Керівник кваліфікаційної роботи:

Віталій КОЛЕСНИК

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Записка: 63 с., 133 рис., 19 табл., 4 додаки, 7 літературних джерел.

**Об'єкт розробки:** деталь Барабан РН12.109.120.03 працює в складі насосного агрегату AMG 100L.

**Мета роботи:** підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Барабан РН12.109.120.03».

Виконаний аналіз службового призначення насосного агрегату AMG 100L і барабану РН12.109.120.03 та умов їх експлуатації. Проаналізовані і доповнені технічні вимоги креслення деталі «Барабан». За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – поковка штампована на кривошипних гарячештамповочних пресах (КГШП), розроблені технічні вимоги до її виготовлення.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 025 «Токарна з ЧПК» і 055 «Довбальна».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на внутрішню поверхню діаметром 67,4H6(+0,019; 0) мм.

Запропоновані нові моделі верстатів, спроектовано спеціальне оснащення для операції 055, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці та безпекою на робочих місцях працюючих.

**БАРАБАН, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ**

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації .....	9
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	13
3 Визначення типу виробництва та форми його організації.....	17
4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	21
5 Вибір способу виготовлення заготовки і розробка технічних вимог до неї.....	25
6 Аналіз існуючого технологічного процесу .....	32
6.1 Зміни до існуючого технологічного процесу.....	32
6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	33
6.3 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки .....	38
6.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	43
6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструменту. ....	46
6.6 Розрахунок режимів різання .....	48
6.7 Технічне нормування операцій.....	52
7 Проектування верстатного пристрою .....	54
7.1 Обґрунтування мети операції і завдання для проектування.....	54
7.2 Розроблення схем базування та закріплення заготовки.....	55
7.3 Обґрунтування вибору та розрахунок механізованого приводу.....	59
7.4 Розрахунок точності елементів пристрою.....	60
7.4 Опис конструкції і роботи пристрою.....	62
Висновки .....	63
Перелік джерел посилання.....	64

## ВСТУП

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню та впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни.

У зв'язку з гнучким використанням та створенням виробничих комплексів механічної обробки різанням особливе значення набувають верстати з ЧПУ. Застосування верстатів з ЧПУ натомість універсального обладнання має суттєві особливості, і створює певну перевагу

- продуктивність верстата підвищується в 1,5 - 5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним управлінням;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що і дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки та обчислювальної техніки,
- знижується потреба у кваліфікованих робочих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочується час пригоночних робіт у процесі складання, тому що деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними;
- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованому запису програм і простішій універсальній технологічній оснастці,
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей та зменшується запас незавершеного виробництва;

Деталь «Барaban» РН12.109.120.03, застосовується у виробі насосного агрегату AMG 100L.

Насоси різноманітних конструкцій, які продаються на світовому ринку, повинні відповідати високим показникам якості, надійності, довговічності і

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

мати низьку собівартість виготовлення. Перелічені показники безпосередньо впливають на якість продукції, яка виготовляється із застосуванням насосних агрегатів.

На ТОВ «ДЖЕТ СЕЙЛ СЕРВІС» розроблений і впроваджений у виробництво технологічний процес виготовлення насосного агрегату AMG 100L, стосовно одиничного типу виробництва. Але ринок потребує збільшення об'єму випуску зазначеної продукції. Однією із відповідальних деталей насосного агрегату є барабан PH12.109.120.03 від якої залежить якісна та надійна робота всього виробу в умовах виготовлення відповідної продукції.

Технологами підприємства в технологічному процесі виготовлення барабану PH12.109.120.03 за умовами одиничного виробництва застосовані технологічне обладнання, оснастка, інструмент цього підприємства.

Для збільшення об'єму виготовлення виробів перед технологами підприємства поставлено завдання – забезпечити якісну конструкторську і технологічну підготовку виробництва зазначеної деталі.

В межах виробничої програми виникає потреба в розробленні рентабельних методів виготовлення заготовок, застосування на механічних ділянках спеціалізованого, високопродуктивного і точного обладнання, технологічного оснащення, металорізального та вимірювального інструментів.

Таким чином, розроблення оптимального технологічного процесу виготовлення деталі «Барабан» PH12.109.120.03 для визначених умов виробництва є метою бакалаврської роботи.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Барабан» РН12.109.120.03 виготовляється на підприємстві ТОВ «ДЖЕТ СЕЙЛ СЕРВІС» і є однією із основних деталей складової одиниці насосного агрегату AMG 100L [1].

Барабан являє собою циліндричну деталь, що встановлюється на вал. Між барабаном і корпусом утворюється циліндрична дросільна щілина. Барабан виконує дві функції: врівноважує осьову силу і знижує тиск перед кінцевим ущільненням з боку нагнітання насоса.

Насосний агрегат призначен для перекачування сирої нафти, трубопровідного транспорту нафти, нафтопродуктів. Насоси широко використовуються в системах подачі сирої нафти, установках пароутворення, регенерації аміну на газо та нафтопереробних заводах, нафтохімічних підприємствах.

Деталь «Барабан» РН12.109.120.03 є однією з відповідальних деталей в виробі і працює в складі насосного апарату AMG 100L.

Насосний агрегат забороняється використовувати при підвищеної концентрації шкідливих хімічних речовин (агресивних і токсичних): лугів, сірчаної, сірчистої, мурашиної, оцтової кислот на робочих місцях при експлуатації і ремонті виробу.

Концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати даних, наведених в ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007.

Основні технічні характеристики насоса представлені в таблиці 1.1.  
Технічна характеристика насосного агрегату AMG 100L наведена в таблиці 1.1.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9





Допоміжними поверхнями називаються поверхні які виявляють положення всіх приєднаних деталей до розглянутої. Їх точність не гірше 9 квалітету.

Виконавчими поверхнями називаються поверхні які виконують якусь функціональне призначення, при чому їх точність і якість різні.

Вільними називаються поверхні, які не контактують з іншими елементами виробу і служать для конфігурації деталі. Їх точність 14 квалітет (6,3-12,5 Ra).

На рисунку 1.2 наведена нумерація всіх поверхонь деталі «Барабан» РН12.109.120.03.

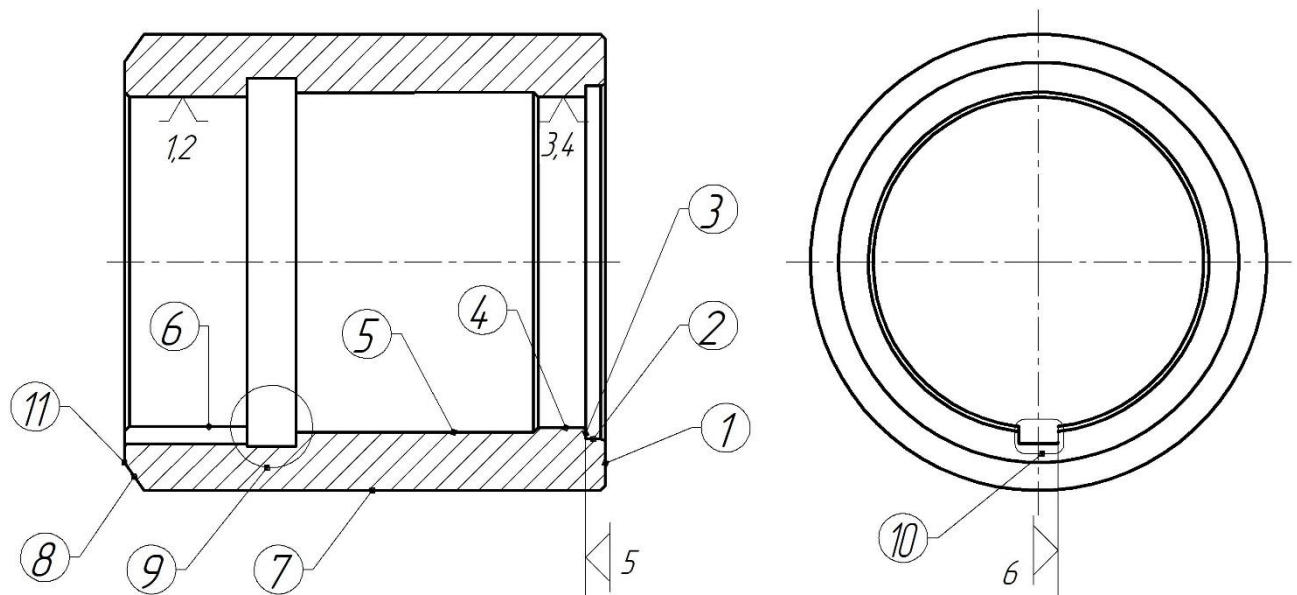


Рисунок 1.2 - Ескіз деталі «Барабан» із нумерованими поверхнями

Поверхні 3,4,6,10 - є основними, так як визначає положення розглянутої деталі у вузлі при її роботі;

10- шпонковий паз, служить передачі крутного моменту від валу через шпонку на барабан;

3 - торець деталі, що служить для фіксації барабана в осьовому напрямку за допомогою установки закладного кільця;

4,6 – внутрішня циліндрична поверхня. Є базовими поверхнями, які сполучаються з валом насоса.

Поверхня 7 - є виконавчою. Ці поверхня утворює дросуюючу щілину між барабаном та корпусом;

Поверхні 1,11,8,2,9,5 - є вільними так як вони не контактують з іншими поверхнями виробу і служать для конфігурації деталі.

Схема базування втулки в компресорі відцентровому наведена в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	III, VI, V, II	Подвійна напрямна (ПНБ)
5	I	Опорна (ОБ)
6	IV	Опорна (ОБ)

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

L, α / X,Y,Z	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	1	1	ПНБ
α	0	1	1	
L	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	
L	0	0	0	ОБ
α	1	0	0	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

В барабані передбачена установка та закріплення інших деталей насосу. Робочим середовищем насосу є нафта. Для забезпечення зносостійкості робочих поверхонь барабану застосовується конструкційна сталь 45 ДСТУ 7809. Сталь марки 45 добре працює при температурах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+250^{\circ}\text{C}$ , де середовище експлуатації нафтопродукти, нафта, газ, морська вода, суха пара, спиртах, антифризах, фреонах та в повітряному середовищі.

Замінником конструкційної сталі 45 можуть бути сталі марок 40Х, 50, 50Г2. Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809 наведений в таблиці 2.1, а механічні властивості в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809, у відсотках

C	Si	Mn	P	Ni	Cr	S	Cu	As	Fe
0.42- 0.5	0.17- 0.37	0.5- 0.8	<0.035	<0.25	<0.25	<0.04	<0.25	<0.08	~97

Таблиця 2. Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809 при  $T = 20^{\circ}\text{C}$

ДСТУ	Стан постачання	Межа плинності, (МПа)	Межа короткої міцності, (МПа)	Мінімальне відносне подовження $\sigma$ , (%)	Відносне звуження, %
7809	Після нормалізації	355	600	16	40

Деталь має ряд технічних вимог, які наведені на кресленні у вигляді умовних позначень (допуски форми, розташування, шорсткості поверхонь, квалітети точності розмірів, види, перетини, перерізи), а також текстом, який розташований над штампом креслення.

Технічні вимоги, які наведені на кресленні, є наступними:

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1. Незазначені граничні відхилення розмірів:  $H14$ ;  $h14$ ;  $\pm IT14/2$ . Вимога розповсюджується на всі розміри, де не позначені квалітети точності. На кресленні визначені точні розміри:  $\varnothing 67,4H6$ ,  $\varnothing 67,40F6$ , паз 8Н9. Зазначені конструктором вимоги до точності цих розмірів є обґрунтованими. Точність наведених розмірів визначає потрібні зазори між з'єднаними деталями, а це дозволяє виконувати безпосереднє службове призначення цих деталей і складальних одиниць у насосі.

2. До декількох поверхонь барабану пред'явлені наступні вимоги щодо їх допусків взаємного розташування:

- 1) Допуск радіального биття внутрішнього діаметру  $D72$  відносно бази А, яка являє собою внутрішній циліндр  $d67.4$  складає  $0,02$  мм.
- 2) Допуск співвісності внутрішнього діаметру  $67.4$  відносно бази А, яка становить  $0,02$  мм.
- 3) Допуск співвісності зовнішнього діаметру  $93$  відносно бази А, яка становить  $0,02$  мм.
- 4) Допуск семитричності поверхні 8Н9 відносно бази В, яка становить  $0.072$  мм.
- 5) Допуск паралельності поверхні 8Н9 відносно бази В, яка становить  $0.018$  мм.

На даній деталі потрібно строго витримувати жорсткі допуски форми та взаємного розташування поверхонь. Допуски радіального і торцевого биття складають  $0,02$ , і проставлені від однієї бази. Забезпечити ці допуски можна використавши принципи постійності та сумісності баз: так як база А є вимірювальною та технологічною базою, то обробку поверхонь, до яких проставлені допуски радіального і торцевого биття потрібно проводити одночасно з обробкою бази А, а якщо це не можливо, то чистову обробку точних поверхонь проводити від бази А, або від однієї з точних поверхонь, що була отримано разом з нею використовуючи розточені сирі кулачки, що мінімізують биття.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Позиційний допуск не грубий. Витримати цей допуск можна при виборі правильного оснащення для базування та жорсткій системі ВПД.

Зазначені конструктором на кресленні допуски розташування поверхонь є правильними. Невиконання цих вимог може привести до перекосу з'єднаних деталей, порушенню технологічного процесу складання виробу та режиму його роботи.

На кресленні встановлено декілька рівнів точності незазначених допусків. Їх вибір виконувався залежно від якості або класу точності допуску відповідного розміру.

3. Кожна поверхня деталі позначена відповідною шорсткістю, яка за критерієм

Ra знаходиться в межах 1,6–6,3 мкм і відповідає якості точності, який обумовлений функціональним призначенням поверхні. Наведена шорсткість зазначена конструктором правильно і відповідає експлуатаційним потребам виробу.

4. На кресленні деталі наведені види, перетини, перерізи, які визначають повну уяву о її конструкції та складності виготовлення. Конструкція деталі та вимоги до її виготовленню відповідають вимогам ЕСКД.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операції  $K_{зо}$  [7]. Вихідні дані:  $N = 1400$  штук – річний об’єм випуску виробів; режим роботи підприємства – 2-і зміни за добу; фонд роботи обладнання за рік  $F_d = 4015$  годин. Штучно-калькуляційний час  $T_{ш-к}$  окремих операцій технологічного процесу виготовлення корпусу прийнятий за даними підприємства.

Кількість верстатів окремих механічних визначається за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{75 \cdot F_d \cdot \eta_{з.ф.}}, \quad (3.1)$$

де  $\eta_{з.н.ср.} = 0,75$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Приймаємо кількість робочих місць  $P$ . Для цього округлюємо до ближнього більшого цілого числа значення  $m_p$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначається за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{P}{m_p}, \quad (3.2)$$

Кількість операцій  $O$ , які виконуються на робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (3.3)$$

Результати розрахунків коефіцієнта закріплення операцій наведені в таблиці 3.1.





повторюються. Продукцією серійного виробництва є вироби сталих типів (металорізальні верстати, двигуни внутрішнього згоряння, насоси, компресори, обладнання для виготовлення їжі і т. ін.). Випуск зазначених виробів виконується в незначній їх кількості і через деякий проміжок часу – виробництво повторюється.

В дрібносерійному виробництві застосовується як універсальне, та і спеціалізоване обладнання. Верстати на дільниці розташовуються за технологічними групами: наприклад, група токарних, свердлильних, фрезерних верстатів. Широко застосовується нормалізований, робочий, універсальний різальний та вимірювальний інструменти.

Кваліфікація робочих-верстатників вища ніж у масовому виробництві, але нижче ніж у одиничному. На робочих дільницях працюють робочі високої кваліфікації (на універсальних верстатах), а також оператори, що працюють на налагоджувальних верстатах.

Дрібносерійне виробництво є значно економічним ніж одиничне, тому що більш якісно використовується технологічне обладнання, використовується спеціалізація робочих певної кваліфікації. Зростання продуктивності праці зменшує собівартість виготовленої продукції.

Групова форма організації виробництва визначає певний порядок виконання операцій технологічного процесу, напрямок руху деталей при їх виготовленні, розташування технологічного обладнання і робочих місць.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20


#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Один із факторів, який значно впливає на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції машини та її деталей. Технологічністю називають сукупність властивостей конструкції, які визначають можливість досягнення оптимальних матеріальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості та умов виконання роботи ДСТУ Б В.2.5-5-96. Технологічність конструкції деталі визначимо за якісними показниками. Якісна оцінка проводиться на етапі вивчення конструкції деталі та технологічних вимог на виготовлення та прийом.

Деталь «Барабан», відноситься до тіл обертання, виготовляється з вуглецевої сталі 45 ДСТУ 7809. Проаналізувавши матеріал, використаний для виготовлення деталі, то він достатньо добре піддається лезовій обробці, деталь є технологічна. Також сталь 45 добре піддається різним методам отримання, в запропонованому технологічному процесі заготовка буде отримуватися штампуванням на КГШП, це не технологічно, якщо деталь має малу серійність виробництва (через велику вартість виготовлення форми для цієї заготовки). Цей показник конструкції деталі є технологічним.

Деталь має зручні поверхні для закріплення та базування деталі, це внутрішні та зовнішні циліндри. Деталь можна закріпити в кулачковому патроні для обробки на токарному верстаті, або в тисках для обробки на фрезерному та свердильному верстаті. Це робить деталь технологічною, щодо закріплення та базування.

Таблиця 4.1 – Характеристика поверхонь деталі

Характер поверхонь	Кількість	Розмір	Точність	Якість	Інші вимоги
Зовнішні циліндри d93	1		h14	Ra1,6	

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		21



Таблиця 4.2 - Простановка розмірів

Вимірювальний інструмент	Поверхня
Шаблон	R0.2
Мікрометр	D93
Нутрометр	D67.4H6, D72H10, D67.4F6
Кутомір	20°, 45°, 35°
Штангенциркуль	Решта розмірів

Деталь є технологічною через зручність контролю розмірів.

Деталь має небагато допусків форми та розташування, що робить деталь технологічною.

Деталь має нетехнологічні конструктивних елементи такі як: конуси, фаски та внутрішня канавка.

Фаска є нетехнологічним конструктивним елементом, тому що потребує додаткового налаштування верстату або спеціальний різець. Метод зняття нетехнологічності: придбання верстату з ЧПУ.

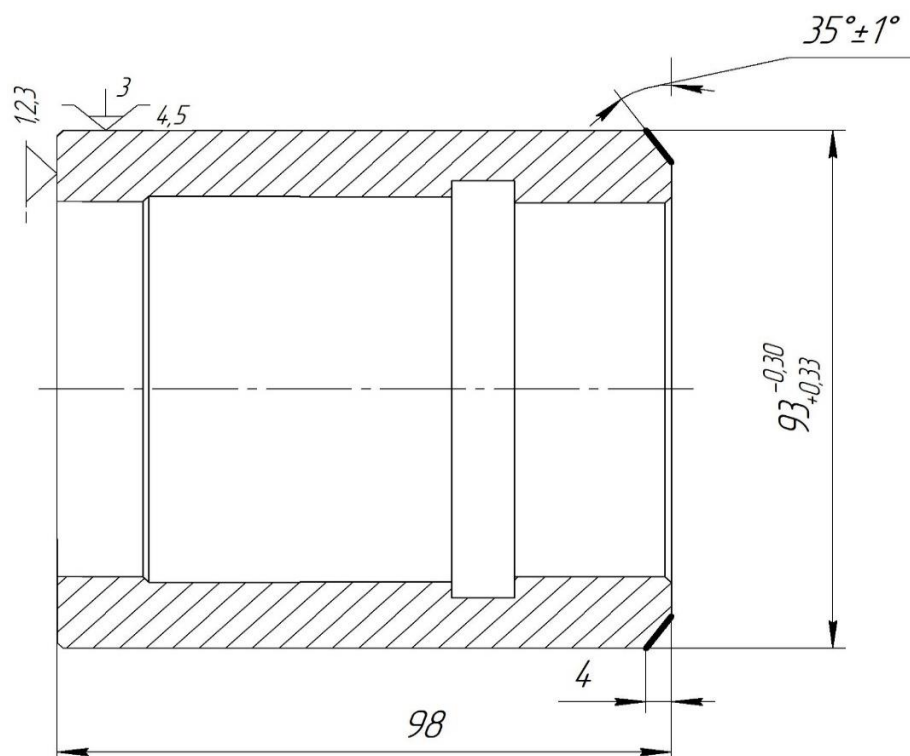


Рисунок 4.1 – Нетехнологічний елемент – фаска

Конус не зручно обробляти на універсальних верстатах, бо потребують додаткового налаштування верстату ( суміщення двох подач), також потрібно

використання спеціально різця. Метод зняття нетехнологічності: придбання верстату з ЧПУ.

Нетехнологічними елементами конструкції деталі є внутрішня канавка, (див. рис. 4.1).

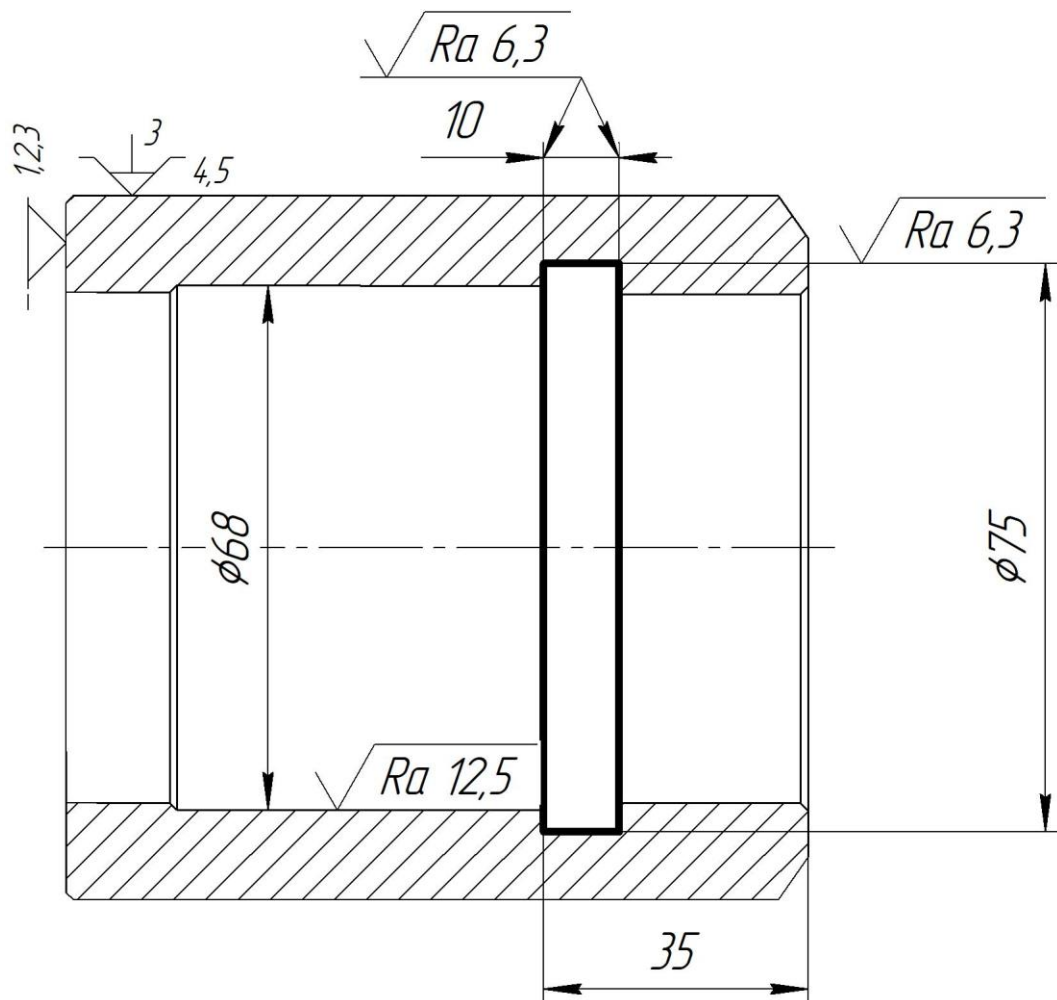


Рисунок 4.2 – Нетехнологічний елемент – внутрішня канавка

Для точіння внутрішньої канавки на токарній операції треба застосувати спеціальну конструкцію різального інструменту і відповідні режими різання.

Розміри на кресленні деталі проставлені частково координатним, частково цепним або змішаним методами і є зручними для налагодження інструмента при їх виконанні на окремій технологічній операції. Проставлені розміри є зручними для суміщення та постійності конструкторської і технологічної баз при операційних налагодженнях. Зайвих або недостатніх розмірів немає.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Деталь має середні габарити, малу кількість поверхонь з високим квалітетом точності розмірів і низькою шорсткістю. Барабан є деталлю достатньо жорсткої конструкції, що дозволяє застосовувати підвищені сили закріплення та сили різання при її механічній обробки.

Поверхні деталі достатньо розвиті для базування і закріплення, що робить можливість застосування універсальних або спеціалізованих верстатних пристроїв на різних операціях технологічного процесу виготовлення.

Конфігурація деталі зручна для доступу різального інструменту при обробки, а також вимірювального – для проведення комплексного контролю.

Конструкція деталі дозволяє використати для механічної обробки верстати з ЧПК, що відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Зазначені конструктором технічні вимоги креслення не підлягають змінюванню, оскільки вони потрібні для виконання деталлю свого службового призначення безпосередньо, але окремі пункти вимог можна уточнити або доповнити.

На кресленні проставлені допуск радіального биття, допуск співвісності, симетричності, паралельності. Це дозволяє вважати деталь не технологічною.

За якісними показниками технологічності конструкція деталі можна вважати відносно технологічною.

## **5 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ**

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

варіанту виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

На підприємстві заготовкою барабану насосу є круглий гарячекатаний прокат діаметром 100 мм і довжиною 3000 мм. Наведена заготовка є груповою заготовкою. Групову заготовку розрізають на кругло-відрізних верстатах дисковим абразивним кругом на окремі (штучні) заготовки довжиною 125 мм. За таким варіантом виготовлення заготовки, багато металу видаляється в стружку при її обробці на механічних операціях.

З метою економії матеріалу конфігурація заготовки повинна бути максимально наближена до конфігурації деталі. Припуски повинні бути оптимальними та забезпечувати якість оброблюваної поверхні при найменшій собівартості. Допуски на розмір заготовки, що обробляється на верстатах з ЧПУ, жорсткі. Базові поверхні повинні бути рівними, без ухилів і задирок.

Пропонується альтернативний варіант – виготовлення заготовки штампуванням на КГШП. Для вибору раціонального варіанту виготовлення заготовки порівнюємо собівартість виготовлення заготовки із прокату з собівартістю заготовки штампованою на КГШП.

1 Собівартість заготовки, яка виготовлена із прокату визначається за формулою:

$$S_{зп} = M + C_0, \quad (5.1)$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{від}}{1000}, \quad (5.2)$$

де  $Q$  – маса заготовки виготовленої із прокату;

$S = 34$  грн/кг – вартість 1-го кілограма матеріалу заготовки;

$q = 2,29$  кг – маса деталі.

$$Q = V_3 \cdot \rho, \quad (5.2)$$

де  $V_3$  – об'єм заготовки (прутка);

$\rho = 7,9 \cdot \frac{10^{-3} \text{ кг}}{\text{см}^3}$  – густина матеріалу прутка.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



де  $K_p = 1,7$  – коефіцієнт для розрахунку заготовки [6, додаток 3].

$$S_{\text{зш}} = 8,5 \cdot 1 \cdot 1,79 \cdot 3,89 = 60 \text{ грн.}$$

Собівартість штампованої заготовки менше собівартості заготовки виготовленої із прокату. Таким чином, приймаємо заготовку штампованою на КГШП і визначаємо припуски і допуски згідно ГОСТ 7505-89.

Використовуючи ГОСТ 7505-89, визначаємо:

1 Клас точності – Т2 (6, табл. 19)

2 Група сталі – М2 (6, табл. 1)

3 Ступінь складності С заготовки визначається коефіцієнтом, який розраховується поділкою маси поковки  $M_{\text{п}}$  на масу описаної фігури  $M_{\text{ф}}$  за [6, т. 21].

Маса поковки визначається за формулою:

$$M_{\text{п}} = M_{\text{д}} \cdot K_p, \quad (5.7)$$

$$M_{\text{п}} = 2,29 \cdot 1,6 = 3,66 \text{ кг,}$$

де  $M_{\text{д}} = 2,29$  кг – маса деталі;

$K_p = 1,6$  – коефіцієнт для розрахунку [6, т. 20].

Маса описаної фігури визначається за формулою:

$$M_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \rho, \quad (5.8)$$

$$M_{\text{ф}} = 7826 \times \frac{3,14 \times (0,093 \times 1,05)^2}{4} \times (0,098 \times 1,05) = 6,0 \text{ кг,}$$

Де  $D$  – найбільший діаметр деталі;

$l$  – висота деталі;

$\rho$  – густина сталі деталі;

1,05 – коефіцієнт [6, т. 21].

Ступінь складності визначаємо за формулою:

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$C = M_p/M_\phi, \quad (5.9)$$

$$C = 3,66/6,03 = 0,6$$

За даними ГОСТ 7505-89 (див. табл. 21), якщо значення  $C = 0,56$  і знаходиться в межах  $0,32 - 0,63$ , то ступінь складності становить  $C2$ .

4 Конфігурація поверхні рознімання штампа - плоска; по поперечній осі деталі і по площині найбільшого діаметра корпусу. [6, т. 1].

5 Вихідний індекс – 13 (с.10, таблиця 2).

6 Припуски на механічну обробку.

6.1 Основні припуски на розміри (на сторону), визначаються за даними [6, т. 3] і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

1,8 - діаметр 67.4 мм і шорсткість поверхні  $Ra = 1,6$  мкм;

1,8- діаметр 93 мм і шорсткість поверхні  $Ra = 1,6$  мкм;

1,8 - довжина 98 мм і шорсткість поверхні  $Ra = 3,6$  мкм;

6.2 Додаткові припуски, що враховують:

- зсув по поверхні рознімання штампа - 0,3 мм (с.14, таблиця 4);
- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності – 0,2 мм (с.14, таблиця 5).

7 Розраховуємо розміри поковки і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

діаметр  $67,4 - (1,8 + 0,3) * 2 = 63,2$  мм приймається 63 мм;

діаметр  $93 + (1,8 + 0,3) * 2 = 97,2$  мм приймається 97 мм;

довжина  $98 + (1,8 + 0,3) + (1,8 + 0,3 + 0,2) = 102,4$  мм приймається 102 мм;

8 Допустимі відхилення розмірів визначаємо за даними [6, т. 8] і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунок розмірів заготовки

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Розмір поверхні	Ra	Основний припуск	Додатковий припуск	Допуск	Розрахунковий розмір	Прийнятий розмір	Фактичний припуск
D=67,4	1,6	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	63,2	$63^{+1,6}_{-0,9}$	3
d=93	1,6	1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	97,2	$97^{+1,6}_{-0,9}$	3
L=98	1,6	1,8 + 1,8	0,3 + 0,2	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	102,4	$102^{+1,6}_{-0,9}$	3

9 Штампувальний уклін на зовнішній поверхні не більше 5°, на внутрішній – не більше 7° [6, т. 18].

10 Радіуси закруглень зовнішніх поверхонь – 4,0 мм [6, т. 7]

11 Допуски радіусів закруглень – 1,0 мм [6, т. 17].

12 Допустима висота торцевої задирки – 7,0 мм [6, т. 11]

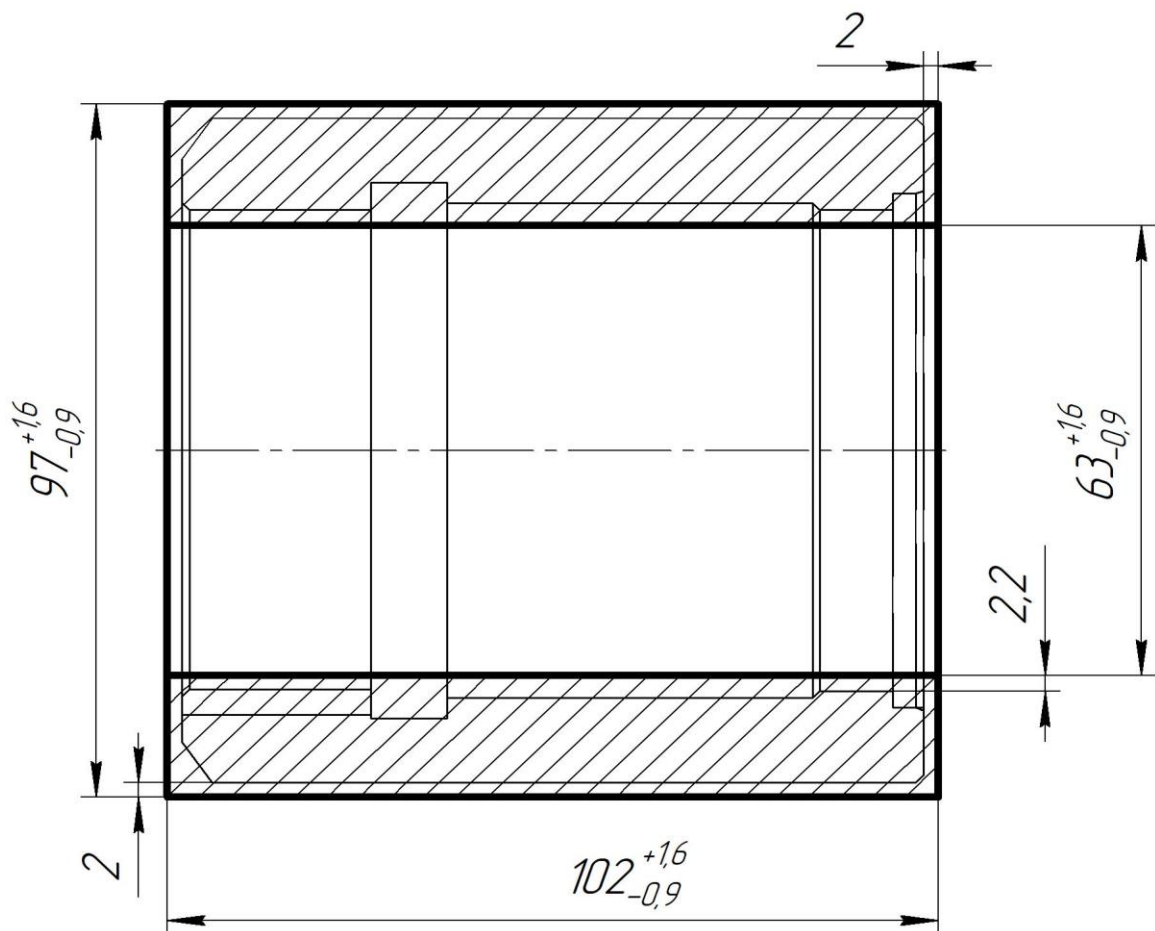


Рисунок 5.3 – Креслення заготовки барабан за методом КГШП

Технічні вимоги на виготовлення штампованої заготовки:

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- 1 Поковка закрита штамповка ГОСТ 7505-89\*;
- 2 Клас точності Т2, група сталі М2, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 13 згідно ГОСТ 7505-89;
- 3 Штамповомні уклони 3...5°;
- 4 Незазначені штампувальні радіуси закруглень зовнішніх поверхонь R3...5 мм;
- 5 Допустима величина зсунення площини рознімання штампку 0,3 мм;
- 6 Незазначені штампувальні уклони: зовнішні – 5°; внутрішні – 7°;
- 7 Маркувати на бирки: номер креслення, марку сталі.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА

### 6.1 Зміни до існуючого технологічного процесу

В існуючому технологічному процесі операції названі по групам обладнання, наприклад, «Токарна» або «Контроль ВТК». За вимогами класифікатора технологічних операцій в машинобудуванні і приладобудуванні [1] наведені операції треба назвати «Токарна з ЧПК», «Технічний контроль» і т. ін.

На підприємстві, де виготовляється барабан, після кожної механічної операції виконується контрольна операція. Це ускладнює технологічний процес виготовлення деталі. Пропонується, останнім технологічним переходом в кожній механічній операції зробити контроль виконавцем, а в технологічному процесі останньою операцією ввести операцію «Технічний контроль».

Довбання шпонкового пазу 8Н9 пропонується виконувати в спеціальному пристосуванні на добвальному верстаті моделі 7А420.

В технологічний процес треба ввести операцію «Слюсарна», яка потрібна для зачистки гострих кромки по всій довжині шпоночного паза для забезпечення контролю комплексним калібром.

Щодо ріжучого інструменту, що застосовується в базовому технологічному процесі є досить застарілим, та непродуктивним. Застосовується здебільшого напаяний інструмент, більш прогресивним є інструмент зі змінними пластинами, що зменшить час на обслуговування верстата.

Використане обладнання в заводському технологічному процесі є досить застарілим, відповідно воно непродуктивне.

Технологічний процес виготовлення деталі розроблений відповідно до

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32





Величини  $Rz_{i-1}$  і  $H_{i-1}$  для заготовки, чорнового, н/чистового і чистового розточування беремо із джерела [3, т. 4.3 і т. 4.6, с. 63 – 65] та запишемо їх в таблиці 6.2.

Мінімальний припуск для внутрішньої циліндричної поверхні розраховується за формулою:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \sum y_i^2}), \quad (6.1)$$

де  $R_{i-1}$  – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) (обезуглерожений або вибілений шар), мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Вихідні дані для розрахунку припусків наведені в таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для розрахунку припусків на  $\varnothing 67,4H6$

Технологічні операції оброблювальної поверхні $\varnothing 67,4(0; +0,019)$ мм	Позначення точності розміру	Допуск Т, мкм	Граничні відхилення поля допуску ES і EI, мм	Елементи мінімального припуску, мкм			
				$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_i$
Заготовка	H15	3500	+1,2; -2,3	250	250	1250	–
Токарна чорнова	H12	300	+0,3; 0	120	120	700	370
Токарна н/чистова	H9	74	+0,074; 0	70	70	120	125
Токарна чистова	H6	19	+0,019; 0	35	35	40	80

Розрахунок граничних розмірів на стадіях:

Чистове розточування:

$$D_{\min \text{ чист}} = D_{\text{ном чист}} = 67,4 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ чист}} = D_{\text{ном чист}} + ES_{\text{чист}} \quad (6.2)$$

$$D_{\max \text{ чист}} = 67,4 + 0,019 = 67,419 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{ чист}} = 2 * (70 + 70 + \sqrt{120^2 + 80^2}) = 67,4 \text{ мкм} = 0,0674 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 2Z_{\min \text{ чист}} + TD_{\text{чист}} + TD_{\text{н/ч}} \quad (6.3)$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 0,0674 + 0,019 + 0,074 = 0,1604 \text{ мм}$$

Напівчистове розточування:

$$D_{\max \text{ н/ч}} = D_{\min \text{ чист}} - 2Z_{\min \text{ чист}} \quad (6.4)$$

$$D_{\max \text{ н/ч}} = 67,4 - 0,0674 = 67,333 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ н/ч}} = D_{\text{ном н/ч}} = D_{\max \text{ н/ч}} - ES_{\text{н/ч}} \quad (6.5)$$

$$D_{\min \text{ н/ч}} = 67,333 - 0,074 = 67,407 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{ н/ч}} = 2 * (120 + 120 + \sqrt{700^2 + 125^2}) = 1902 \text{ мкм} = 1,902 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ н/ч}} = 2Z_{\min \text{ н/ч}} + TD_{\text{н/ч}} + TD_{\text{чорн}} \quad (6.6)$$

$$2Z_{\max \text{ н/ч}} = 1,902 + 0,074 + 0,3 = 2,276 \text{ мм}$$

Чорнове розточування:

$$D_{\max \text{ чорн}} = D_{\min \text{ н/ч}} - 2Z_{\min \text{ н/ч}} \quad (6.7)$$

$$D_{\max \text{ чорн}} = 67,333 - 1,902 = 65,431 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ чорн}} = D_{\text{ном чорн}} = D_{\max \text{ чорн}} - ES_{\text{чорн}} \quad (6.8)$$

$$D_{\min \text{ чорн}} = 65,431 - 0,3 = 65,131 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{ чорн}} = 2 * (250 + 250 + \sqrt{1250^2 + 370^2}) = 3607 \text{ мкм} = 3,607 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 2Z_{\min \text{ чорн}} + TD_{\text{чорн}} + TD_{\text{заг}} \quad (6.9)$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 3,607 + 0,3 + 3,5 = 7,407 \text{ мм}$$

Розміри вихідної заготовки:

$$D_{\max \text{ заг}} = D_{\min \text{ чорн}} - 2Z_{\min \text{ чорн}} \quad (6.10)$$

$$D_{\max \text{ заг}} = 65,131 - 3,607 = 61,524 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ заг}} = D_{\max \text{ заг}} - TD_{\text{заг}} \quad (6.11)$$

$$D_{\min \text{ заг}} = 61,524 - 3,5 = 58,024 \text{ мм}$$

$$D_{\text{ном заг}} = D_{\max \text{ заг}} - ES_{\text{заг}} \quad (6.12)$$

$$D_{\text{ном заг}} = 61,524 - 1,2 = 60,324 \text{ мм}$$

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Схема розташування припусків і допусків для Ø67,4Н6 наведена на рисунку 6.1

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

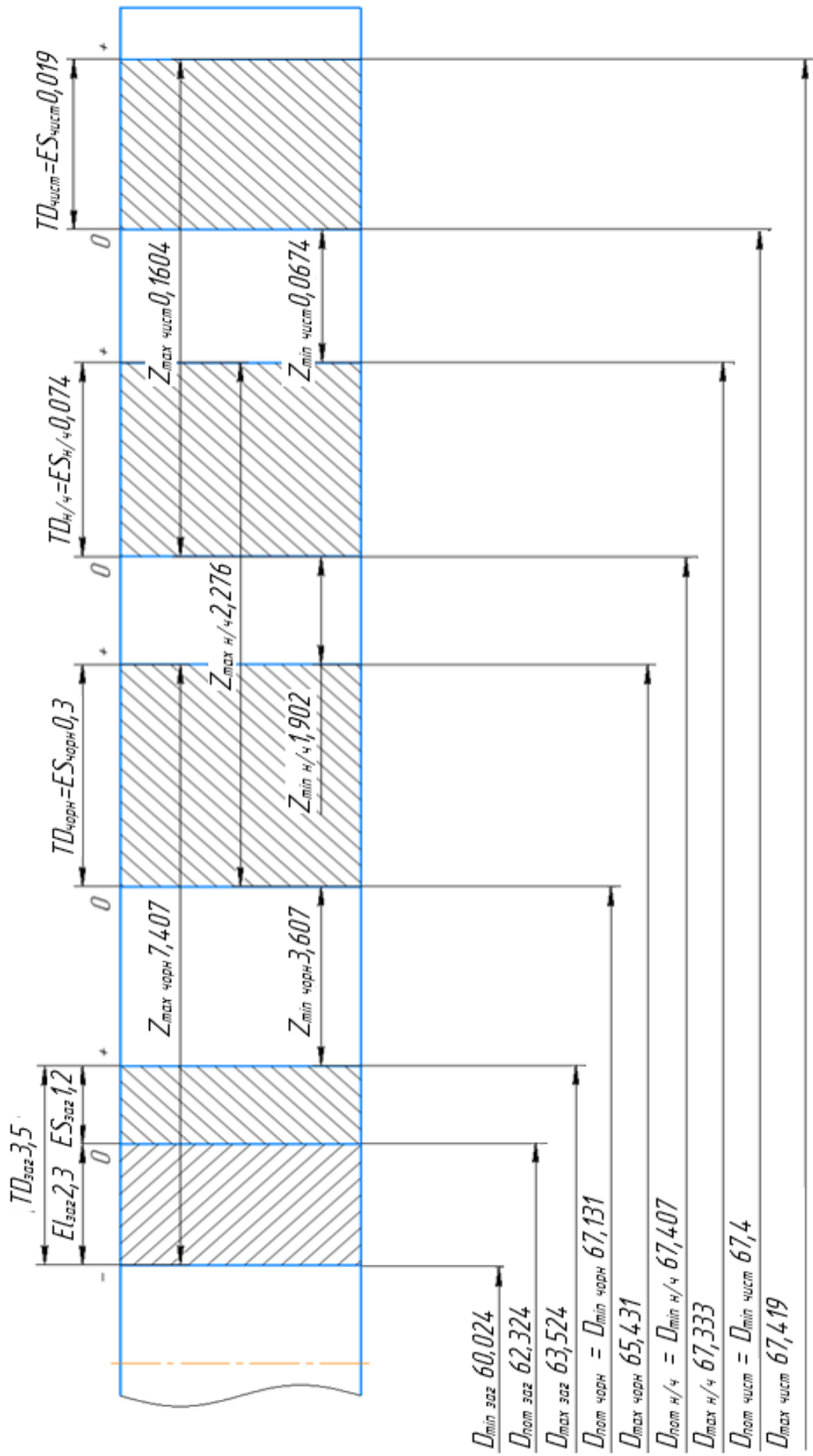


Рисунок 6.1 - Схема розташування полів допусків, міжопераційних припусків та розмірів на поверхню  $\Phi 67.4$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

### 6.3 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Базування заготовки виконується після термообробки по обробленим поверхням, які отримані на попередній операції 010 «Токарно-гвинторізна». На установі А заготовка базується по поверхні  $\varnothing 96$  мм і торцю  $\varnothing 96/\varnothing 64$ , які отримані на попередній операції.

На установі Б заготовка базується по внутрішній поверхні  $\varnothing 67,4$  мм і торцю  $\varnothing 93/\varnothing 67,4$ , які отримані на установі А.

Схеми базування заготовки на операції (установах А і Б) наведені на рисунках 6.2 і 6.3.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	III, IV, V	УБ
4, 5	I, II	ПОБ
6	Вакансія	-

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

L, $\alpha$ / X, Y, Z	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	УБ
$\alpha$	1	1	0	
L	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	-
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

На установках А і Б заготовка позбавлена 5-и ступенів вільності. Вакантним є обертальний рух навколо осі OZ. Для виконання розмірів оброблювальних поверхонь заготовки достатньо позбавити п'яти ступенів вільності.

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

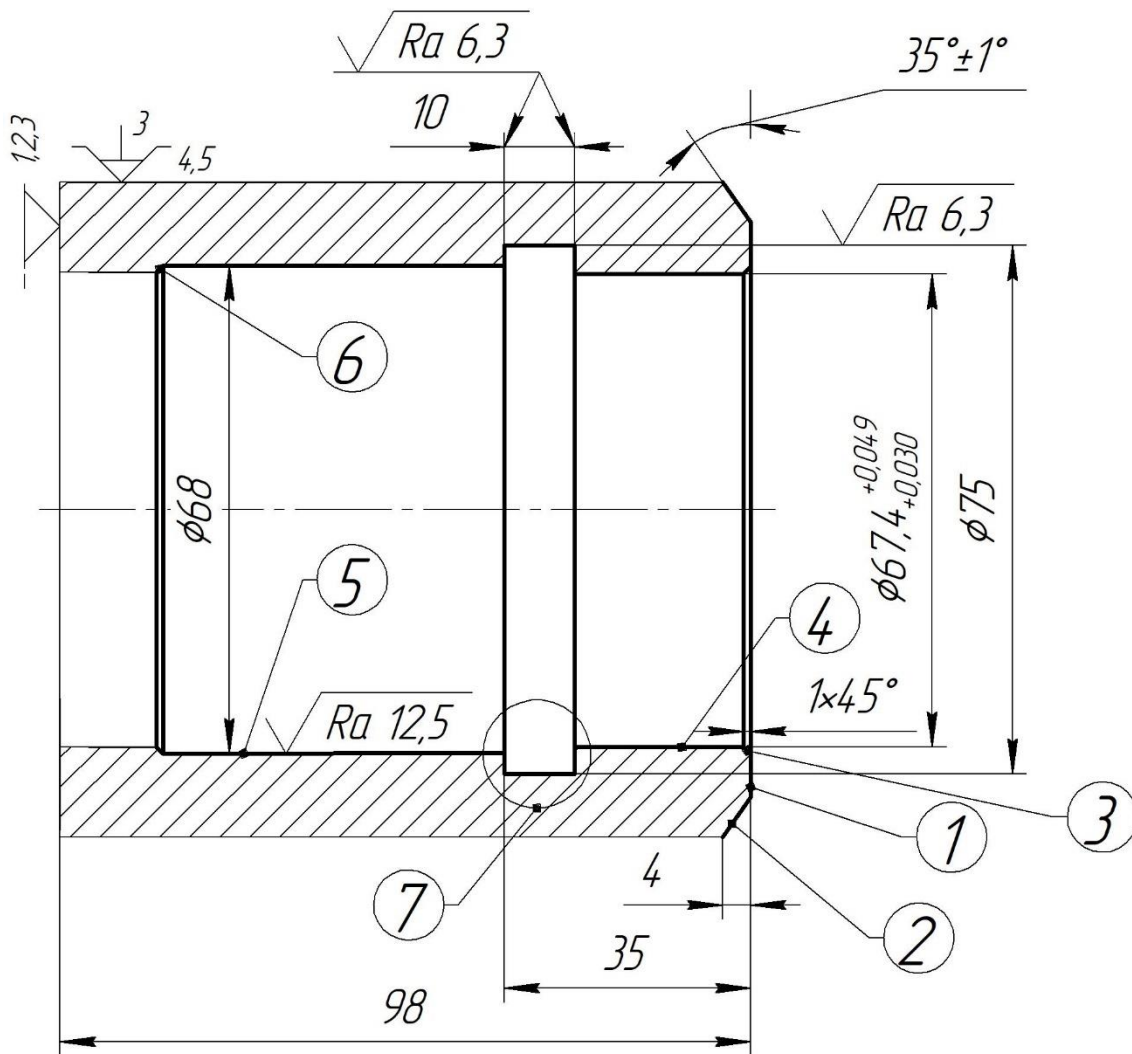


Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 025 установ А

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 22510138-00 ПЗ

Лист

39

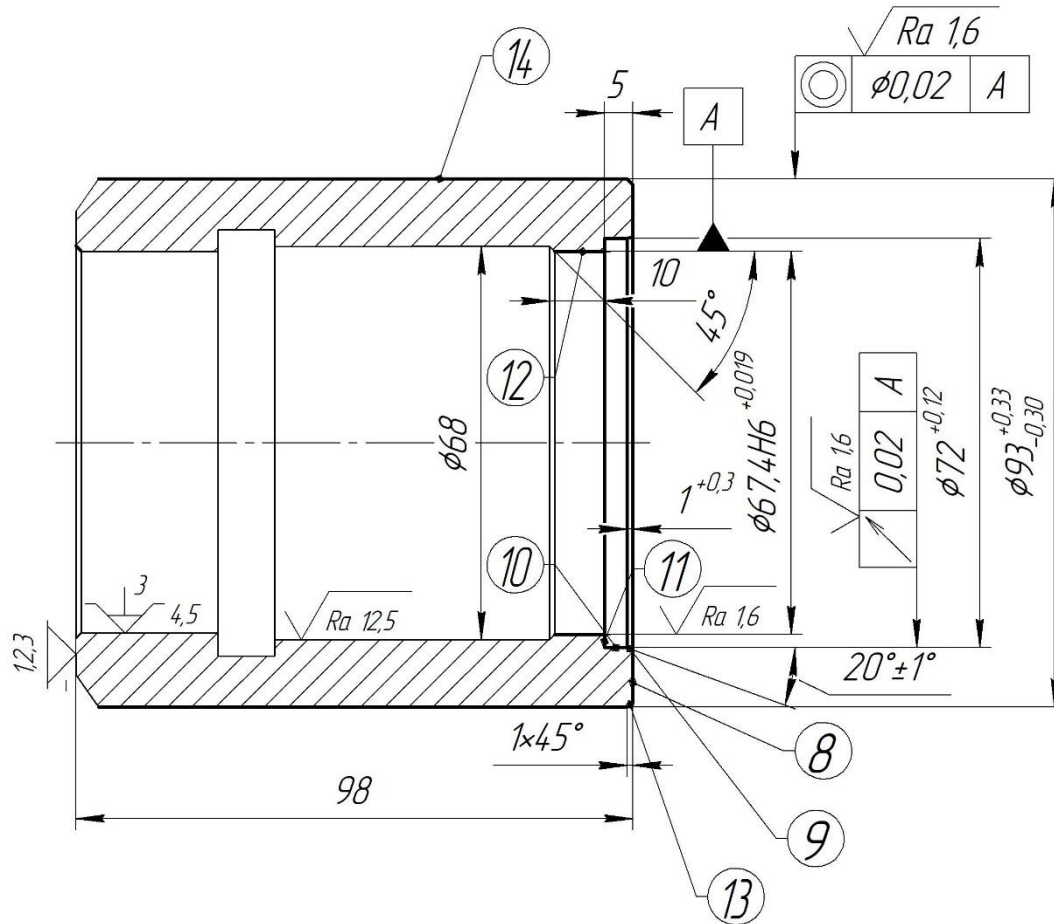


Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 025 установ Б

#### Операція 055 «Довбальна».

На даній операції виконується довбання шпонкового пазу 8Н9 з урахуванням припуску під шліфування, (+0,036) витримуючи розмір Н=70,7 мм та шорсткість Ra3,2 згідно операційного ескізу. Схема установки заготовки при довбанні шпонкового пазу наведена на рисунку 6.4.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



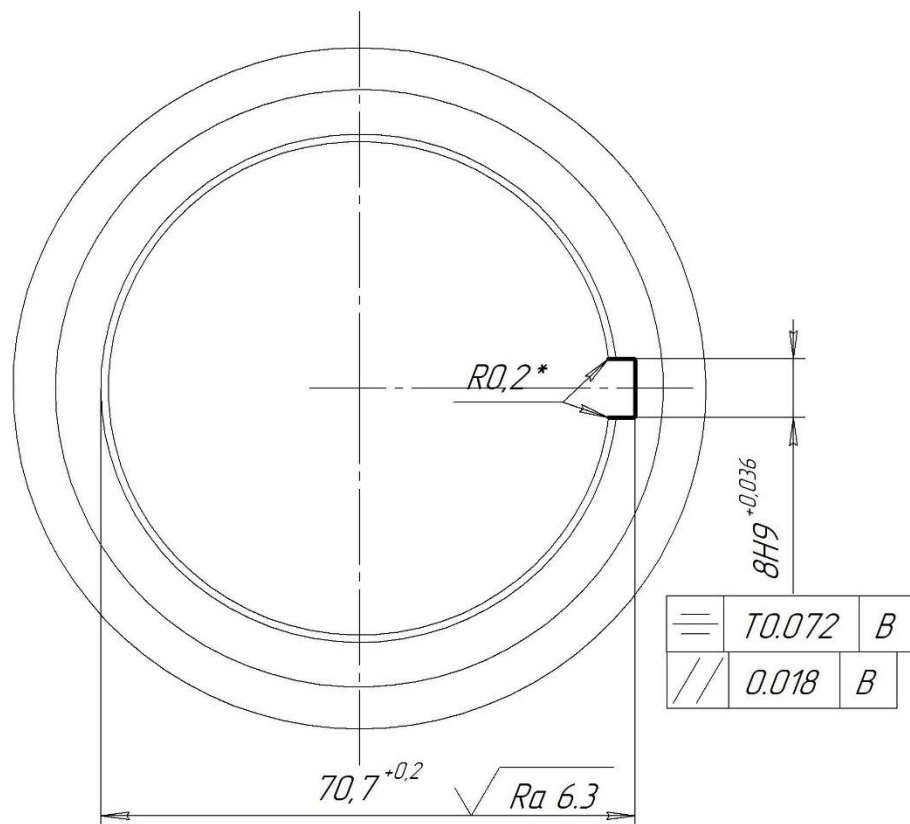
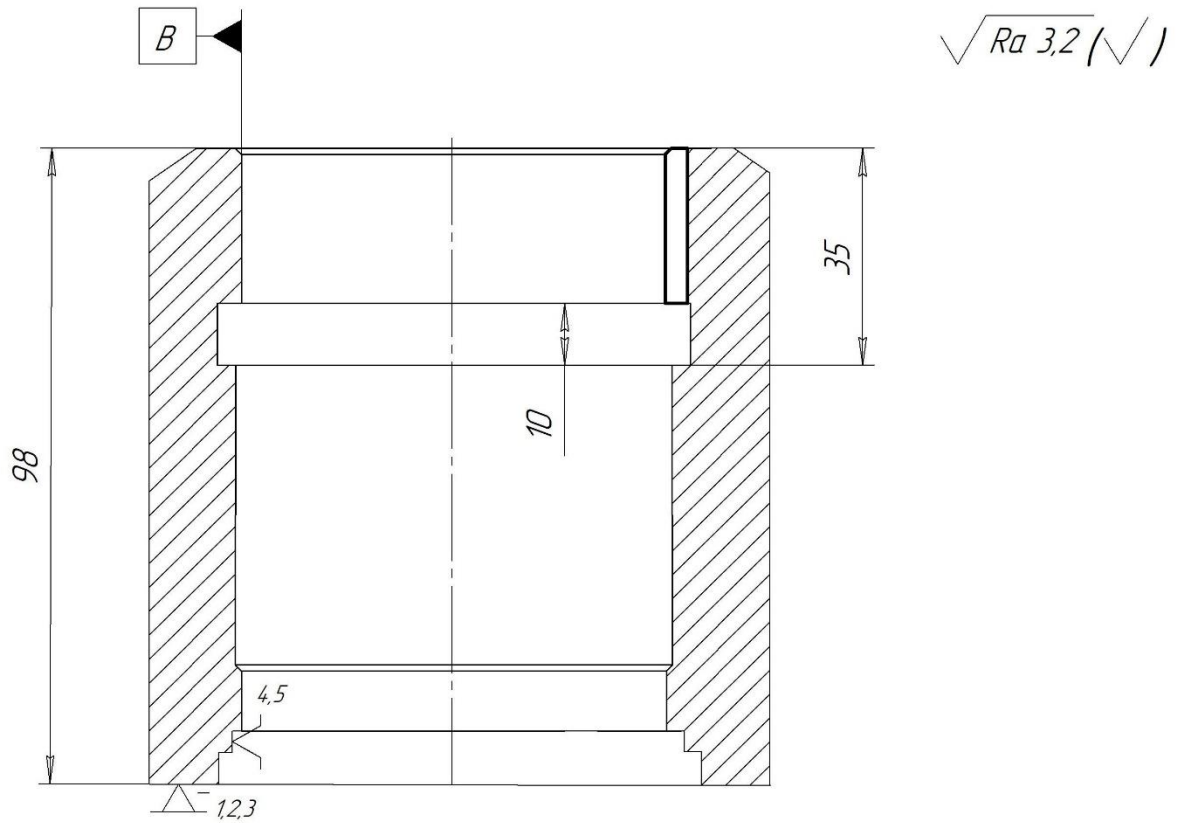


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції 055 «Довбальна»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 22510138-00 ПЗ

Лист

41

Для забезпечення точності допуску паралельності і симетричності необхідно перед обробкою виставити деталь по базі В з точністю 0,01 мм відносно бази В діаметр якої 67,4F6 і торцю d93/D67,4.

Схема базування заготовки на операції 055 «Довбальна» наведена в таблицях 6.5 і 6.6.

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	III, IV, V	УБ
4, 5	I, II	ПОБ
6	Вакансія	-

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

L, $\alpha$ / X, Y, Z	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	УБ
$\alpha$	1	1	0	
L	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

Запропонована схема базування позбавляє заготовку п'яти ступенів вільності. Мають місце дві технологічні бази – установча та подвійна опорна. Установча база – торець  $\varnothing 93 / \varnothing 72$  мм – позбавляє деталь 3 ступенів волі. Подвійна опорна база – внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 67,4H6$  – позбавляє деталь двох ступенів свободи.

Під час обробки шпонкового пазу виникає похибка базування між допуском зовнішнього діаметра елемента пристосування і допуску внутрішнього діаметром деталі, похибка базування в пристосуванні складає 0,019мм, ця похибка базування значно менше ніж допустима похибка, яка складає 0,15мм, отже необхідна точність обробки буде досягнута.

#### 6.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Оскільки тип виробництва – дрібносерійний, то доцільно використовувати верстати з ЧПК, що дозволить пришвидшити процес виготовлення деталей, та підвищити точність обробки.

Для операції 025 пропоную токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-10 ( див. рис 6.5) це сучасний верстат який забезпечує високу точність обробки.



Рисунок 6.5 – Верстат HAAS ST-10

Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.7.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата моделі HAAS ST-10

<b>Станина</b>	
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	419
Найбільша висота оброблюваної заготовки, мм	305
<b>Шпіндель</b>	
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв	4 000
Максимальний момент, що крутить, на шпинделі, Нм	203
Максимальний діаметр обробленого прутка, мм	63,5
Діаметр трикулачкового гідравлічного патрона, мм	210
<b>Поперечина</b>	
Хід поперечини, мм	300
Швидкість переміщення поперечини, м/хв	0,45
<b>Верхній супорт</b>	
Хід супорта по горизонталі, мм	350
Хід повзуна супорту по вертикалі, мм	120
Найбільше допустиме зусилля різання, кН	16,5
Найбільший кут повороту повзуна, град.	±45
Кількість позицій револьверної головки	5
<b>Привод подач</b>	
Діапазон подач супортів, мм/об	0,03 - 12,5
Кількість подач супортів	18
Швидкість прискорених переміщень супортів мм/хв	2 000
Габаритні розміри верстату, мм	3200x2108x1803
Маса верстату, кг	3700
Потужність, кВт	11,2

## Операція 055 «Довбальна».

Згідно з завданням для обробки заготовки на даній операції використовується довбальний верстат моделі 7А420, який цілком підходить за своїми параметрами для обробки заготовки на даній операції. Для порівняння та визначення оптимального верстата для даної операції також було обрано довбальні верстати моделей 7Д430 та 7А412. З трьох варіантів обладнання було обрано верстат моделі 7А420, який за своїми технічними характеристиками більш підходить для наших цілей.

Довбальний верстат 7А420 (див. рис. 6.6) призначений для зовнішнього та внутрішнього довбання плоских та фасонних поверхонь, вирізів та канавок, а також для довбання з під кутом до  $5^\circ$  в умовах індивідуального та дрібносерійного виробництва. Основні параметри верстата наведено у таблиці 2.1.



Рисунок 6.6 – Верстат 7А420

Технічна характеристика верстата моделі 7А420 наведена в таблиці 6.8.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Таблиця 6.8 - Технічна характеристика верстата моделі 7А420

Довжина ходу довбака, мм	20-200
Відстань від площини столу до нижнього кінця напрямних долб'яка, мм	320
Відстань від зовнішньої площини розцітримача до станини (виліт), мм	480
Розміри робочої поверхні столу (діаметр), мм	500
найбільше переміщення, мм:	
поздовжнє	500
поперечне	400
кругове	360
Переміщення на один оберт маховичка рукоятки, мм:	
- Поздовжнє	6
- Поперечне	6
- кругове	4
Швидкість швидкого переміщення:	
поздовжнє, м/хв	1,8
поперечне, м/хв	1,8
кругове, град/сек	3,4
Габаритні розміри верстата, мм:	
довжина	2300
ширини	1270
висота	2175
Вага верстата, кг	2000
Потужність, кВт	3

6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструменту.

Операція 025 «Токарна з ЧПК». На операції застосовується 3-х кулачковий гідравлічний самоцентруючий патрон, яким комплектується токарний верстат.

Умовне позначення: патрон 7100-0009 ДСТУ 2675:2008

Враховуючи матеріал заготовки (сталь 45 ДСТУ 7809), для обробки її поверхні вибираємо твердий сплав.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		46

Аналіз геометричної форми оброблюваної поверхні дає можливість застосувати на операції такий різальний інструмент:

1) Різець токарний зібраний для контурного точіння з механічним кріпленням пластинки з ріжучою кромкою 16 мм із твердого сплаву марки Т15К6, з  $\phi = 95^\circ$ , задній кут пластинки  $0^\circ$ , правий, розріз  $H \times B = 25 \times 25$  мм, довжиною 250 мм.

Умовне позначення: різець PCLNR4040S16;

2) Різець токарний зібраний розточувальний з механічним кріпленням пластини із твердого сплаву з  $\phi = 92^\circ$ . Умовне позначення: різець 2142-0662 Т15К6 ГОСТ 10044-73;

3) Канавковий різець з механічним кріпленням змінної непереточуваної твердосплавної ріжучої пластини Т15К6;

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 - 101197 - 76 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Вимірювальний інструмент:

- 1) Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89;
- 2) Нутромір НМ 75 ДСТУ ГОСТ 10:2009;
- 3) Міритель для виміру фасок 45град. М5-350.00.00-02;
- 4) Набір зразків шорсткості ГОСТ 9378-93;

*Операція 055 «Довбальна».* На операції застосовується верстатний пристрій, який спроектований і наведений в розділі 7 пояснювальної запаски.

Різальний інструмент:

- 1) Різець спеціальний 2174-0024 Т15К6 ГОСТ18893-87
- Вставка довбальна Р1-1887.00.00-13.
- Оправлення для вставок Р1-1298.00.01.

Вимірювальний інструмент:

- 1) Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89\*;

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- 2) Калібр 8Н9 СТП 992-79;
- 3) Індикатор ІЧ-05 кл.1 ГОСТ 577-68;
- 4) Штатив ШМ-11Н-8 ГОСТ 10197-70;
- 5) Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

#### 6.6 Розрахунок режимів різання

Операція 025 «Токарна з ЧПК». Ескіз операції (установи А і Б) наведені на рисунках 6.2 та 6.3. Режими різання розраховується для РІ1, РІ2, РІ3.

1. Стійкість інструмента  $T = 30$  хв. [4, с. 268].

2. Подача. При заданій глибині різання рекомендований діапазон подач становить  $S_o = (0,8 \div 1,2)$  мм/об [4, т. 11, с. 266]. Беремо  $S_o = 1,2$  мм/об.

3. Розрахунок оборотів шпинделя  $n_\phi$  за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (6.13)$$

Розраховуємо частоту обертів шпинделя для РІ1

$$n_p = \frac{1000 \cdot 67}{\pi \cdot 67,4} = 316,42 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів шпинделя для РІ2

$$n_p = \frac{1000 \cdot 67}{\pi \cdot 68} = 313,62 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів шпинделя для РІ3

$$n_p = \frac{1000 \cdot 67}{\pi \cdot 75} = 284,35 \text{ об/хв}$$

Корегую частоту обертання за паспортними даними верстата:

Корегована частота обертів шпинделя для РІ:

$$n_\phi = 320 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Корегована частота обертів шпинделя для РІ2:

$$n_\phi = 320 \text{ об/хв}$$

Корегована частота обертів шпинделя для РІ3:

$$n_\phi = 320 \text{ об/хв}$$

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



4. Визначення хвилинної подачі за формулою:

$$S_{\text{хв}} = n_{\phi} \cdot S_0, \quad (6.14)$$

Визначаємо хвилину подачу для РІ1:

$$S_{\text{хв}} = 320 \cdot 1.2 = 384 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилину подачу для РІ2:

$$S_{\text{хв}} = 320 \cdot 1.2 = 384 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилину подачу для РІ3:

$$S_{\text{хв}} = 320 \cdot 1.2 = 384 \text{ м/хв}$$

5. Вибір швидкостей різання для напів-чистої та чистої стадій обробки:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (6.15)$$

Визначаємо швидкість різання для РІ 1:

$$V_p = \frac{\pi \cdot 67,4 \cdot 384}{1000} = 81,31 \text{ м/хв}$$

Визначаємо швидкість різання для РІ 2:

$$V_p = \frac{\pi \cdot 68 \cdot 384}{1000} = 82,03 \text{ м/хв}$$

Визначаємо швидкість різання для РІ 3:

$$V_p = \frac{\pi \cdot 75 \cdot 384}{1000} = 90,47 \text{ м/хв}$$

Коректуємо значення фактичної швидкості різання  $V_{\phi}$ :

Кореговане значення швидкості різання для РІ:

Для РІ 1 – 81 м/хв

Кореговане значення швидкості різання для РІ2:

Для РІ 2 - 82 м/хв

Кореговане значення швидкості різання для РІ3:

Для РІ 3 – 90 м/хв

6. Сила різання визначається за формулою [4, с. 271]:

$$P_z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S_{\Pi}^{Y_{Pz}} \cdot V_{\phi}^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz}, \quad (6.16)$$

де  $C_{Pz} = 300$ ,  $X_{Pz} = 1,0$ ,  $Y_{Pz} = 0,75$ ,  $n_{Pz} = -0,15$  [4, т. 22, с. 273];

$K_{Pz}$  – коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання [4, с. 271].

$$K_{Pz} = K_{Mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{\gamma pz}, \quad (6.17)$$

$K_{Mpz}$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{Mpz} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^n, \quad (6.18)$$

$$K_{Mpz} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,94$$

$\sigma_B = 700$  МПа – межа міцності оброблювального матеріалу;

$n = 0,75$  – показник степені для різального інструменту із твердого сплава.

Коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента на складові сили різання при обробці сталі [4, т. 22, с. 273]:

$$K_{\varphi pz} = 1,0, K_{\gamma pz} = 1,0, K_{\lambda pz} = 1,0.$$

$$K_{Pz} = 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,94.$$

Сила різання для РІ1:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,70^{1,0} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 81^{(-0,15)} \cdot 0,94 = 2843 \text{ Н.}$$

Сила різання для РІ2:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 82^{(-0,15)} \cdot 0,94 = 4162 \text{ Н.}$$

Сила різання для РІ3:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 90^{(-0,15)} \cdot 0,94 = 6233 \text{ Н.}$$

7. Потужність різання визначається за формулою [4, с. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020}, \quad (6.19)$$

Потужність різання для РІ1:

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$N = \frac{2843 \cdot 81}{60 \cdot 1020} = 3,76 \text{ кВт},$$

Потужність різання для РІ2:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{4162 \cdot 82}{60 \cdot 1020} = 5,57 \text{ кВт},$$

Потужність різання для РІ3:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{6233 \cdot 90}{60 \cdot 1020} = 9,16 \text{ кВт},$$

8. Потужність на шпинделі верстата становить:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{е.дв.}} \cdot \eta, \quad (6.20)$$

$$N_{\text{шп}} = 11,2 \cdot 0,85 = 9,5 \text{ кВт},$$

де  $N_{\text{е.дв.}} = 11,2 \text{ кВт}$  – потужність приводу головного електродвигуна верстата;  
 $\eta = 0,85$  – коефіцієнт корисної дії приводу верстата (ККД).

Якщо  $N_{\text{шп}} = 9,5 \text{ кВт} > N = 9,16 \text{ кВт}$ , то режим різання виконується.

9. Основний (машинний) час обробки переходу визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L_{\text{рх}}}{S_x}, \quad (6.21)$$

Основний час обробки РІ1:

$$T_o = \frac{25}{384} = 0,65 \text{ хв},$$

Основний час обробки РІ2:

$$T_o = \frac{75}{384} = 1,19 \text{ хв},$$

Основний час обробки РІ3:

$$T_o = \frac{68}{384} = 1,77 \text{ хв}.$$

Основний час операції складається із основних часів технологічних переходів – точіння і розточування:  $\Sigma T_o = 0,65 + 1,19 + 1,77 = 3,61 \text{ хв}$ .

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51





$$T_{об} + T_{от} = 0,08 \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 2,71 = 0,21 \text{ хв.}$$

$$T_{шт-к} = 1,1 + 1,61 + 0,21 + \frac{29}{114} = 3,17 \text{ хв.}$$

## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

7.1 Обґрунтування мети операції і завдання для проєктування.

На операції 055 «Довбальна» проводиться обробка шпонкового пазу 8Н9, витримуючи розмір  $70,7(+0,2;+0)$ . Аналіз вимог креслення щодо точності розмірів показав, що вони забезпечуються без особливих утруднень.

Уточнимо технологічні умови операції.

Верстат моделі 7А420 має довжину ходу довбака 20x200 мм; діаметр робочої поверхні столу 500 мм; потужність 3 кВт.

Різальний інструмент: різець спеціальний 2174-0024 Т15К6 ГОСТ18893-87;

Технологічне оснащення:

Вставка довбальна Р1-1887.00.00-13;

Оправлення для вставок Р1-1298.00.01.

Режим різання для довбання шпоночного пазу 8Н9:  $V_{\phi} = 16,83 \text{ м/хв}$ ;  $S_0 = 0,05 \text{ мм/по.хід}$ ;  $n = 67 \text{ об/хв}$ ;  $T_0 = 1,1 \text{ хв.}$

Таким чином, для реалізації наведених умов необхідно спроектувати пристрій і вирішити наступні задачі.

- 1 Забезпечити постійність базування партії заготовок в пристрої.
- 2 Забезпечити надійне і швидке закріплення та відкріплення заготовок при їх переустановленні.
- 3 Забезпечити постійну силу затиску за період обробки заготовки, при умові застосування в пристрої пневматичного або гідравлічного приводу.
- 4 Забезпечити точність установки пристрою на столі верстата для виконання технічних вимог операції.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## 7.2 Розроблення схем базування та закріплення заготовки.

Для того щоб не робити ускладнену конструкцію верстатного пристрою в якості базової поверхні я обрав циліндричний отвір  $\varnothing 67,4H6$ . На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена:  $IT_6, T_{\varnothing 67,4} = 19$  мкм;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні  $Ra = 1,6$  мкм.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструменту до оброблюваної поверхні.

Циліндрична поверхня  $\varnothing 67,4H6$ , будучи прийнятою в якості базової, позбавляє заготовку двох ступенів свободи, тобто являються подвійною опорною базою. Вона забезпечує паралельність осі оброблюваного пазу до осі центрального отвору (осі заготовки).

У якості установчої бази беремо торець деталі  $\varnothing 93/\varnothing 72$ мм, вона позбавляє заготовку трьох ступенів свободи.

*Визначення похибки базування:*

Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_B \leq \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (7.1)$$

$\varepsilon_B$  - дійсна похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{доп}}$  - допустима похибка базування, мм.

Дійсна похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_B = \frac{\delta_d + \delta_{\text{п}}}{2}, \quad (7.2)$$

$\delta_d$  - допуск зовнішнього діаметра елемента пристосування  $\varnothing 67,4f6(-0,049^{-0,03})$ ,  $\delta_d = 0,019$  мм;

$\delta_{\text{п}}$  - допуск внутрішнього діаметра деталі  $\varnothing 67,4H6(+0,019)$ ,  $\delta_{\text{п}} = 0,019$  мм;

$$\varepsilon_B = \frac{0,019 + 0,019}{2} = 0,019 \text{ мм.}$$

Допустима похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega,$$

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

де  $\delta$  - допуск на розмір деталі:  $\delta = 0,2$  мм;

$\omega$  - точність обробки деталі, що досягається при виконанні даної операції, по [1] с.16, таблиці 7 та 8  $\omega = 0,05$  мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ мм.}$$

Умова (7.1) виконується ( $0,019\text{мм} < 0,15 \text{ мм}$ ), отже, обробка на даній операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

Щоб зберегти запропоновану схему базування незмінною при обробки заготовки, необхідно прикласти силу затиснення, яка компенсує скалярну величину сили різання та її векторний напрямок. Силу затиснення треба направити супротив опорної поверхні (установчої бази). Джерелом сили затиснення пропонується використати пневмоциліндр подвійної дії, який вбудований в корпус пристрою. Схема базування і закріплення заготовки наведена на кресленні налагоджування (дивись креслення ТМ20510054 – 06-01 ОН).

Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку (див. рис.7.1).

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



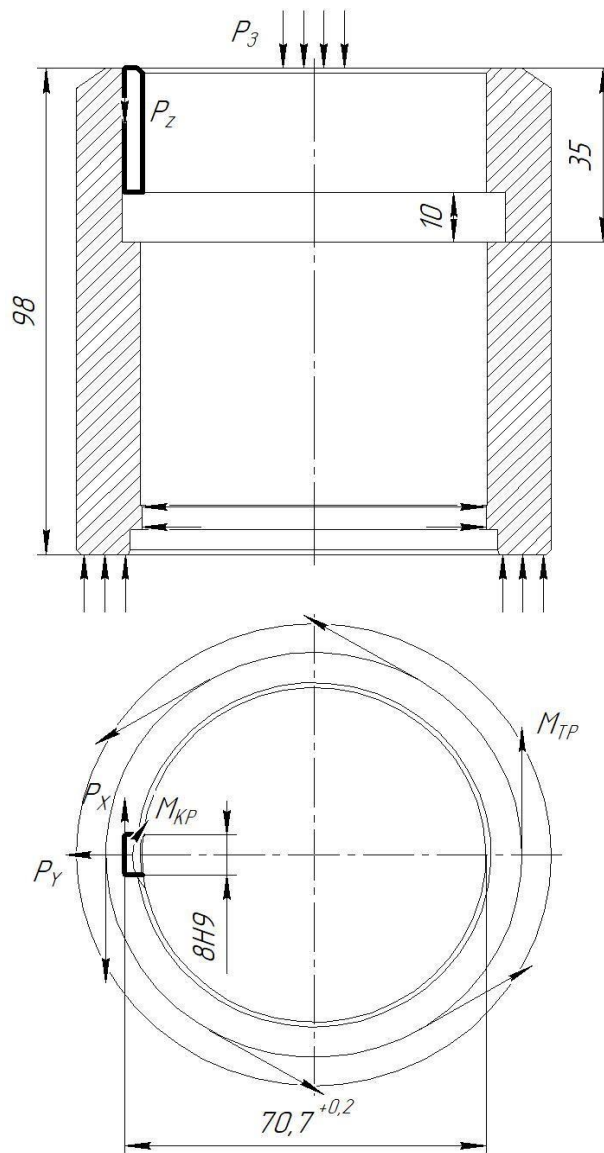


Рисунок 7.1 Схема розподілення сил, діючих на заготовку

З умови непервороту заготовки [2] с. 83 для циліндричної заготовки діаметром бази  $D$  встановленої в оправці та навантаженої крутним моментом сила закріплення  $P_3$  визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{R \cdot f}, \quad (7.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу;

$M_{кр}$  – крутний момент, діючий на заготовку при довбанні, Нм;

$R$  – приведений радіус точки прикладання сили, м;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$f$  – коефіцієнт тертя в цісцях контакту заготовки з опорами, по [2] с.85, таблиця 10 при контакту обробленої заготовки з опорами та зажимними елементами пристосування  $f = 0,16$ .

Коефіцієнт запасу  $K$  вводять в формули при очисленні сили  $P_z$  для забезпечення надійного закріплення заготовки, за [2] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.4)$$

де,  $K_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу сил затиску;

$K_1 = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці;

$K_2 = 1,1$  – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [2] с.84, таблиця 9;

$K_3 = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при довбанні;

$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення, при використанні пневмоциліндру подвійної дії;

$K_5 = 1,0$  коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів;

$K_6 = 1,5$  – коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку;

$$\text{Тоді: } K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,59$$

Найбільша сила виникає при довбанні шпонкового пазу 8Н9 мм. Зі схеми розподілення сил (рисунок 7.1) Видно, що крутний момент виникає за рахунок или  $P_x$ . Відповідно до [1, с.280):

$$P_x \approx 0,25 \cdot P_z \quad (7.5)$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot S^{0,75} \quad (7.6)$$

де  $C_p$  - коефіцієнт, що характеризує оброблюваний матеріалі умови работ,

$$C_p = 225;$$

$s$  - подача, в мм/пд.хід;

$t$  - глибина різання, в мм;

$$P_z = 10 \cdot 225 \cdot 8 \cdot 0,05^{0,75} = 1903 \text{ Н}$$

$$P_x \approx 0,25 \cdot 1903 = 476 \text{ Н}$$

Крутний момент, діючий на заготовку при довбанні, визначається за формулою:

$$M_{кр} = P_x \cdot d, \quad (7.7)$$

$$M_{кр} = 476 \cdot 0,035 = 16,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Приведений радіус точки прикладання сили визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (7.8)$$

де  $D$  - більший діаметр поверхні заготовки при закріпленні  $D=0,093 \text{ м}$ ;

$d$  - менший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  $d=0,072 \text{ м}$ ;

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,093^3 - 0,072^3}{0,093^2 - 0,072^2} = 0,041 \text{ м.}$$

Підставивши вибрані розраховані значення в формулу, визначаємо силу закріплення:

$$P_з = \frac{2,59 \cdot 16,7}{0,041 \cdot 0,16} = 6500 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила затиску  $P_з = 6500 \text{ Н}$ .

### 7.3 Огрунтування вибору та розрахунок механізованого приводу

Для швидкого затиску то розтиску доцільно використовувати пневмоциліндр подвійної дії. Дісна сила на штоці подвійної дії при подачі повітря в штокову порожнину розраховується за формулою:

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{п}^2 - d_{ш}^2) \cdot \rho \cdot n, \quad (7.9)$$

де,  $D_{п}$  - діаметр пневмоциліндру, мм,

$d_{ш}$  - діаметр штоку, приймаємо  $d_{ш} = 40 \text{ мм}$ ;

$\rho$  - розрахунковий тиск,  $\rho = 0,4 \text{ МПа}$ ;

$n$  - коефіцієнт корисної дії,  $n = 0,9$ .

Діаметр пневмоциліндру, що забезпечує необхідну силу затиску заготовки визначається за формулою:

$$D_{\Pi} = \sqrt{d_{\text{ш}}^2 + \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot \rho \cdot n}}, \quad (7.10)$$

$$D_{\Pi} = \sqrt{40^2 + \frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 156,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарного поршневого пневмоциліндру по [2] с.91, таблиця 17.  $D_{\Pi} = 160$  мм.

Дійсна сила затиску заготовки на штоці пневмоциліндру:

$$P_d = \frac{3,14}{4} \cdot (160^2 - 40^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 6782,4 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, відповідно, пристосування забезпечить фіксоване положення деталі при обробці.

#### 7.4 Розрахунок точності елементів пристрою

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установки, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою. При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісні вимоги до пристрою.

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою (7.11).

Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля



#### 7.4 Опис конструкції і роботи пристрою

Конструкція пристрою наведена на кресленні ТМ20510054–07–01.00.00 СК «Пристрій для добвання».

Пристосування в зборці повинно відповідати технічним вимогам креслення загального виду та забезпечувати якісну обробку заготовки за заданими розмірами.

Експлуатація пристосування:

1. Встановити і закріпити пристосування на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.
2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.
3. Встановити заготовку на плиту.
4. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 провести закріплення заготовки.
5. Обробити заготовку.
6. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 в зворотну сторону відкріпити заготовку.
7. Пристосування зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

Робота пристрою починається з того що з пневмомережі повітря під тиском подається в нижню порожнину поршня, переміщаючи поршень вертикально вгору. Таким чином здійснюється переміщення прихвату і розтиск заготовки. При подачі тиска в верхню порожнину поршня здійснюється вертикальне переміщення вниз і відбувається зажим заготовки. Герметичність з'єднань забезпечують манжети-ущільнювачі. Оброблювана деталь служить також упором для переміщення пневмоциліндра вертикально вниз. Упором для переміщення поршня вертикально вгору служить корпус, що обмежує хід поршня. Для транспортування пристосування призначені рим-болти, які кріпляться в кришці пристосування.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення насосного агрегату AMG 100L і барабану та умов її експлуатації.
2. Виконаний аналіз технічних вимог на виготовлення «Барабан».
3. Визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова.
4. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі «Барабан».
5. Вибраний спосіб виготовлення вихідної заготовки – штампування на КГШП.

Розроблені технічні вимоги до виготовлення заготовки.

6. Виконаний аналіз існуючого на підприємстві технологічного процесу виготовлення барабану. Зроблений розрахунок припусків і допусків на діаметр 67,4Н6(0; +0,019) мм. Для операцій 025 «Токарна з ЧПК» і 055 «Довбальна» обрані схеми базування, металорізальні верстати, верстатні пристрої, різальний і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та технічні норми часу.

7. Спроектований верстатний пристрій на операцію 055 «Довбальна» для довбання шпонкового пазу 8Н9 в барабані.

Розроблена технологічна документація на виготовлення барабану для умов дрібносерійного виробництва – карти КТП і КЕ.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Євтухов, В. Г.** Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів: для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2017. – 44 с.
2. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. / Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
4. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102 с.
5. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
6. ДСТУ ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски та напуски.– Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. – 52 с.
7. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

					ТМ 22510138-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64